

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу ГРИМОВА А.А. "Нейтронный спектрометр-дозиметр реального времени с вычислительным восстановлением энергетических спектров с помощью нейронных сетей", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – "Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»

Актуальность темы диссертационной работы

Необходимость разработки приборов нейтронной спектрометрии определяется широким энергетическим диапазоном нейтронного излучения и способностью нейтронов вступать в ядерные реакции с ядрами атомов при сильной зависимости таких реакций от энергии нейтронов. Практически контроль энергетического спектра нейтронов в нейтронной дозиметрии выполняется для вычисления эквивалентной дозы облучения, которая обусловлена высокой проникающей способностью нейтронного излучения. В частности, биологическое действие нейтронного излучения на организм человека в диапазоне энергий нейтронов от 0,025 эВ до 15 МэВ изменяется в десятки раз. Трудность точного измерения энергетического спектра нейтронного излучения связана с тем, что детектирование нейтронного излучения выполняется косвенным методом, т. е. по результатам их реакции с ядрами атомов, поскольку нейтроны вследствие своей нейтральности не реагируют с электронными оболочками атомов и не вызывают их ионизации или возбуждения.

Исследования спектров нейтронных потоков в настоящее время проводят либо активационным методом с помощью наборов веществ-индикаторов, либо на специальных времяпролётных экспериментальных установках, где источником нейтронов являются либо ядерные реакторы, либо ускорители заряженных частиц. Данные методы и лабораторные установки практически далеки от приборной реализации переносных спектрометров. Наиболее близкими к таким приборам являются нейтронные многошаровые спектрометры Боннера, но и они реализуют лабораторный метод исследования с обработкой результатов нескольких десятков прямых измерений на ЭВМ и непригодны для контроля спектральных параметров потоков нейтронов в режиме реального времени.

В диссертационной работе Гримова А.А. предпринята попытка построения нейтронного спектрометра-дозиметра, работающего в реальном времени, что достаточно для подтверждения актуальности данной работы.

Научная новизна положений диссертации заключается в следующем:

1. Разработана система имитационного моделирования для восстановления спектров нейтронного излучения, содержащая комплекс моделирующих программ и базы данных опорных спектров, которая позволяет генерировать обучающую и проверочную выборки модельных спектров разного объёма по базовым опорным спектрам, а также моделировать блоки детектирования с разнообразными спектральными характеристиками входящих в них детекторов и

исследовать различные варианты нейронных сетей, применяемых для вычислительного восстановления исследуемых спектров.

2. На основании предложенной системы имитационного моделирования разработана методика обучения входящих в состав нейтронного спектрометра нейронных сетей, отличающаяся использованием результатов имитационного моделирования спектров нейтронных источников, спектральных характеристик детекторов и модельных реализаций их выходных сигналов, которая позволяет сократить количество экспериментов для получения обучающей выборки.

3. Предложен, реализован и экспериментально исследован способ создания опорных нейтронных полей с разнообразной формой спектров, получаемых от одного радиоизотопного источника нейтронов.

4. Разработан способ измерения интенсивности стохастических потоков выходных импульсов детекторов, позволяющий снизить аппаратные затраты на реализацию разрабатываемого спектрометра при обеспечении статистической достоверности результатов и минимизации времени измерения.

Практическая ценность работы заключается в подтверждении ее основных теоретических положений результатами имитационного моделирования и экспериментальными исследованиями макетного образца нейтронного спектрометра-дозиметра на разработанной с участием диссертанта установке. Из значимых практических результатов работы необходимо отметить следующие:

– разработана испытательная установка для формирования опорных нейтронных полей с разной формой энергетического спектра от одного образцового радиоизотопного источника;

– разработаны структурные, функциональные и принципиальные схемы, а также программное обеспечение макетного образца нейтронного спектрометра на основе блока детектирования БДКС-05С и изготовлен макетный образец;

– проведены экспериментальные исследования макетного образца прибора на установке для формирования опорных нейтронных полей с разной формой спектров, которые подтвердили высокую эффективность использования предварительно обученных нейронных сетей для вычислительного восстановления энергетических спектров измеряемых нейтронных потоков. Установлено, что ошибки восстановления усреднённых спектральных плотностей измеряемых потоков не превышали 5–10 %;

– на основании полученных автором результатов проводится опытно-конструкторская работа по разработке промышленных образцов нейтронных спектрометров на Курском заводе "Маяк".

Достоверность основных положений и выводов диссертационной работы обусловлена корректным применением теории имитационного моделирования, математического аппарата статистического анализа, теории искусственных нейронных сетей и методов математического и схемотехнического моделирования. Кроме того, основные положения диссертационной работы подтверждаются результатами проведенных экспериментальных исследований макетного образца нейтронного спектрометра на созданной испытательной установке для формирования опорных нейтронных полей.

Апробация результатов работы

Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на 7 международных, 2 всероссийских конференциях и 3-х региональных семинарах.

Публикации

Материалы диссертации отражены в двух монографиях с участием автора и 24 научных статьях, из которых 7 опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Наряду с отмеченными положительными моментами по рассмотренной диссертации имеются следующие **замечания**:

1) выражение "... каждой спектральной линии нейтронов в идеальном случае должно соответствовать прямоугольное распределение амплитуд от нуля до U_0 " представляется недостаточно корректным (с. 22);

2) обозначения параметров в формуле (1.14) отличаются от их описания в тексте (с. 30);

3) выражения типа "хвост эпитепловых нейтронов F_{epi} ", "хвост промежуточных нейтронов F_{int} ", "эпитепловой хвост" – являются сленгом (с. 38, 39);

4) в формуле (2.3) нет обозначения " i -го нейрона в j -том слое" (с. 64);

5) на рисунке 4.1 блок питания должен быть соединен с блоком высоковольтных источников питания (с. 94);

6) скорость обмена информацией по интерфейсу RS-232 выбирается в зависимости от длины применяемого шлейфа, а не для учета его длины (с. 99);

7) выражение "использована БИС памяти с двухпроводным интерфейсом I2C" – насколько правильно называть эту микросхему БИС? (с. 99);

8) на блок-схеме алгоритма обработки (с. 107) следовало бы корректнее отобразить условие, при котором отображается сообщение о статистической недостоверности результата обработки;

9) при эмуляции нейронных сетей микроконтроллером ATmega8535 нет необходимости вывода информации через ПЭВМ (с. 108), причем в приложении следовало бы привести тексты программ эмуляции нейронных сетей микроконтроллером ATmega8535;

10) замечания по оформлению: в формулах используется шрифт разного размера, имеются орфографические ошибки (с. 22, 24, 30, 35, 40) и отклонения от требований ГОСТ при графическом оформлении схем (с. 150, приложения).

Заключение:

Диссертация А. А. Гримова «Нейтронный спектрометр-дозиметр реального времени с вычислительным восстановлением энергетических спектров с помощью нейронных сетей» является законченной научно-квалификационной работой, посвящённой решению важной и актуальной научно-технической за-

дачи по созданию нейтронных спектрометров реального времени. Диссертация содержит научную новизну и практическую ценность, которая подтверждена внедрением результатов работы в промышленности. Основные положения диссертации подтверждены результатами проведенных экспериментальных исследований.

Автореферат диссертации и научные публикации автора в достаточной степени отражают содержание и результаты диссертационной работы.

Диссертация соответствует п.п. 1 и 3 паспорта специальности 05.11.13 – "Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий" и требованиям "Положения о присуждении учёных степеней", предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертация Гримова Александра Александровича, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – "Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий".

Официальный оппонент, кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией специального программного обеспечения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс"



Санников Дмитрий Петрович

11.3.15

Почтовый адрес: 302020, г. Орёл, Наугорское шоссе 40

Тел : +7-919-203-27-99

e-mail: sannikov@ostu.ru

Подпись Санникова Д.П. удостоверяю.

Проректор по научной работе



С.Ю. Радченко